



ISBN: 1646-8929

***IET Working Papers Series***  
**No. WPS03/2012**

**Isabel Marques Rosa**  
(e-mail: [i.rosa@campus.fct.unl.pt](mailto:i.rosa@campus.fct.unl.pt))

## **EEG (Eletroencefalografia) e as Próteses auditivas: um Instrumento de Avaliação de Tecnologia?**

**IET**  
**Research Centre on Enterprise and Work Innovation**  
**Centro de Investigação em Inovação Empresarial e do Trabalho**  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade Nova de Lisboa  
Monte de Caparica  
Portugal

# **EEG (Eletroencefalografia) e as Próteses auditivas: um Instrumento de Avaliação de Tecnologia? <sup>1</sup>**

EEG (Electroencephalography) and the Hearing aids: a Tool for Technology Assessment?

Isabel Maria R. C. Marques Rosa ([i.rosa@campus.fct.unl.pt](mailto:i.rosa@campus.fct.unl.pt))

Orientadora: Professora Doutora Salomé de Almeida

Coorientador: Professor Doutor Manuel Duarte Ortigueira

**Fevereiro de 2012**

**FCT-UNL**

## **Abreviaturas:**

EEG    Eletroencefalograma  
ORL    Otorrinolaringologia

---

<sup>1</sup> Com base no relatório para a unidade lectiva “Projecto III” do Programa Doutoral em Avaliação de Tecnologia da responsabilidade do Prof. António Moniz, realizada em 2011-12

## **Resumo:**

Como parte integrante da Escola de Inverno do Curso Doutoral em Avaliação de Tecnologia, que decorreu no dia 13 de Dezembro de 2011, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, apresentou-se o Plano de Tese “Estudo Eletroencefalográfico em Crianças com Deficiência Auditiva Com e Sem Prótese”. O presente documento é o resultado da mesma apresentação onde salientamos as suas partes fundamentais. O sistema auditivo é um dos sistemas sensoriais mais interveniente no desenvolvimento cognitivo, psicológico, social e consequentemente relacional do indivíduo pelo que qualquer perturbação que o afete tem um enorme impacto a todos os níveis. Avaliar, diagnosticar e (re)abilitar auditivamente o indivíduo é a área profissional da doutoranda. Este estudo surge no contexto profissional mas também pessoal onde se pensa contribuir de forma efetiva na melhoria da qualidade de vida dos portadores de défice auditivo, desde a mais tenra idade. Este estudo irá utilizar o EEG como instrumento na avaliação da perceção auditiva. Para tal, serão avaliadas crianças com défice auditivo adaptadas proteticamente, seguidas na consulta de otorrinolaringologia pediátrica do Hospital Garcia de Orta. O EEG será realizado em dois passos – com e sem prótese auditiva – enquanto a criança é submetida a um estímulo sonoro.

**Palavras-chave:** Deficiência auditiva; hipoacusia neurosensorial; EEG; prótese auditiva

## **Abstract:**

As part of the Winter School of the Doctoral Course in Technology Assessment, held on December 13, 2011, in the Faculty of Sciences and Technology, Universidade Nova de Lisboa, it was presented the thesis plan "Electroencephalographic study in children with hearing loss with and without hearing aid." This document is the result of the same presentation where we highlight the fundamental parts of our work. The auditory system is one of the sensory systems more proactive in cognitive, psychological and social development and consequently relational of the individual so any disturbance that affects it has a huge impact at all levels. Evaluate, diagnose, and (re)habilitate the hearing of the individual is the area of professional doctorate. This study appears in the professional and also personal context but also thinking it may be an effective contribution in improving the quality of life of people with hearing loss, from an early age. This study will employ the EEG as a tool in the evaluation of hearing ability. Children with hearing loss diagnosis, hearing aids users, followed in the paediatric outpatient otolaryngology from Hospital Garcia de Orta will be evaluated. The EEG will be performed in two steps – with and without hearing aids – while the child is subjected to a sound stimulus.

**Key words:** Hearing loss; sensor neural hearing loss; EEG; hearing aid

**JEL codes:** I11, I19

# Introdução

Desde longa data que o homem se preocupa em compreender a problemática da surdez e da sua reabilitação. Sabe-se que uma lesão que ocorra no sistema auditivo poderá causar uma incapacidade total ou parcial para ouvir sons, e que na criança alterações embora ligeiras e transitórias poderão comprometer a fala, a aprendizagem, e a interação entre a criança e o meio envolvente. Na Acta Pediátrica Portuguesa (2007), os dados da Sociedade Portuguesa de Pediatria estimam a incidência de défice auditivo bilateral significativo de um a três por mil recém-nascidos saudáveis e de vinte a quarenta por mil recém-nascidos de risco, e de acordo com Bitner-Glindzicz M. (2002), e Van Laer et al. (2003), citados por Schmidt e Tochetto (2009), nos países desenvolvidos a etiologia do défice auditivo é hereditária em cerca de 60%, adquirida em 30% e 10% é de etiologia desconhecida.

Segundo Tye-Murrey (1998), os objetivos da reabilitação são: *“minorar as dificuldades associadas à perda auditiva, e minimizar as suas consequências”*. Para a mesma autora, para além do diagnóstico e da quantificação da perda auditiva, a reabilitação deverá incluir a provisão de aparelhos de escuta apropriados, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida destes indivíduos e minimizar as consequências negativas do custo efetivo de uma “incapacidade invisível”.

Ao longo dos anos, a adaptação protética, tem procurado otimizar as características eletroacústicas para o ouvido patológico. Segundo McCandless (1994), *“a prótese auditiva deve fornecer amplificação apropriada para maximizar o reconhecimento da fala, prover boa qualidade de som, bem como amplificação que seja confortável.”* O mesmo autor salienta ainda, que a resposta da prótese auditiva em ganho-frequência deverá procurar compensar a perda de sonoridade como resultado da perda auditiva.

Desde 1784 com a descoberta de Luigi Galvani que o tecido nervoso é eletricamente excitável, que cientistas desenvolveram estudos com o objetivo de explicar a geração de impulsos elétricos em nervos, músculos e no cérebro. No entanto, foi só em 1929 que o neurologista e psiquiatra alemão Hans Berger, mostrou o registo em papel de correntes elétricas geradas no cérebro humano, sem a necessidade de abrir o crânio, tendo denominado este registo de Eletroencefalograma. Em 1940 surgiram as primeiras Próteses Auditivas portáteis de caixa, igualmente chamadas de convencionais. Observou-se que apesar dos estudos sobre Eletroencefalograma e sobre Próteses Auditivas contarem já largos anos, o cruzamento destas duas temáticas não tem sido objeto de estudo.

Estima-se que o estudo do registo eletroencefalográfico em crianças com hipoacusia neurosensorial quando submetidas a um estímulo sonoro e estando a utilizar a prótese auditiva ou privadas da mesma contribua para a compreensão da metodologia em causa, não invasiva, económica e fácil de utilizar, podendo vir a resultar num Instrumento de Avaliação e de Validação da utilização da prótese auditiva. Assim o tema da Tese visa o Estudo Eletroencefalográfico em Crianças com Deficiência Auditiva Com e Sem Prótese, onde o EEG é utilizado como instrumento de avaliação da capacidade de ouvir. A escolha desta tecnologia prende-se com as facilidades acima citadas e com a não interferência com as próprias próteses auditivas (ao contrário do que aconteceria com a Ressonância Magnética funcional (RMf)).

## Desenho de Estudo

Este estudo será comparativo, visando comparar os traçados do EEG de crianças com déficit auditivo adaptadas proteticamente quando são submetidas a um estímulo sonoro com e sem as próteses auditivas. Irá abordar os conceitos essenciais à compreensão do problema e incluirá uma parte prática, que envolve o registo eletroencefalográfico de crianças com deficiência auditiva quando estas estão a utilizar as próteses auditivas e quando estão privadas das mesmas, submetidas a um mesmo estímulo sonoro. Uma vez que o EEG nos permite observar a atividade cerebral é deste modo possível utilizar o EEG como Instrumento de Avaliação da própria percepção auditiva da criança. Podendo ser um contributo para aqueles que não conseguem verbalizar as suas queixas.

Aspetos essenciais a serem tomados em consideração:

- Avaliação dos processos individuais garantindo os critérios de inclusão e exclusão.
- EEG, técnica simples, não invasiva, acessível que aparentemente permitirá estudar a atividade cerebral nas circunstâncias em estudo.
- Análise sinal, utilizando software específico.

## Objetivo Principal

Avaliar se o mapeamento cerebral que se observa no eletroencefalograma da criança com deficiência auditiva quando submetida a um estímulo sonoro, é diferente com e sem prótese auditiva. Desta forma pretende saber-se se a utilização do **EEG** pode ser um Instrumento de **Avaliação** e de **Validação** de utilização da prótese auditiva.

## Objetivo Secundário

A confirmar-se a hipótese acima colocada, a utilização do EEG pelas características da própria tecnologia, poderá ser adotada como instrumento de avaliação do Ganho Funcional das próteses auditivas (permite comparar a diferença dos limiares tonais e vocais com e sem as próteses auditivas) em crianças e outros indivíduos com necessidades específicas e incapacidade para as expressar (perturbações do desenvolvimento cognitivo, pós AVC, etc).

## Hipóteses

- **H1** - Existem diferenças nos sinais do EEG nos indivíduos com deficiência auditiva adaptados proteticamente quando são examinados com e sem a prótese auditiva.
- **H2** – Se a H1 for válida, as diferenças observadas no EEG podem correlacionar-se com o ajuste da prótese, melhorando a sua performance.

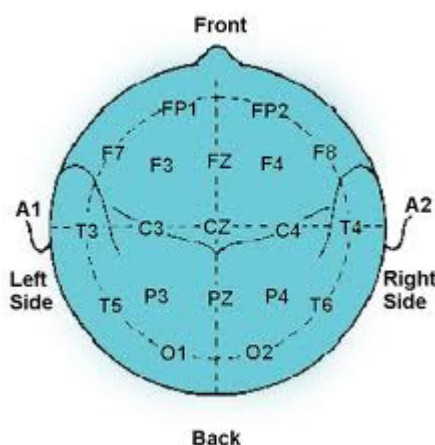
## Materiais e Métodos

- Seleção da Amostra: Crianças com hipoacusia neurosensorial adaptadas proteticamente, com idade compreendida entre 1 e 8 anos, recrutadas na consulta de Otorrinolaringologia (ORL) do Hospital Garcia de Orta (HGO).
- Avaliação clínica: Dados obtidos a partir do processo individual, onde constam os testes audiológicos, e a avaliação genética, conforme indicação do médico ORL Pediátrico.
- Critérios de exclusão: Não possuírem hipoacusia neurosensorial, não sindrômica, ou não ser de grau inferior a severo no melhor ouvido (<90 dB) ; não adaptados proteticamente.
- Aspectos éticos: Explicação do Projeto aos cuidadores; todos os cuidadores serão informados sobre a confidencialidade dos dados e que estes serão utilizados só com o objetivo de investigação; assinatura do consentimento informado. Este Projeto foi submetido à Comissão de ética do HGO e autorizado pelo Conselho de Administração.
- Equipamento de EEG: MICROMED Sistema de Registo de Video EEG de 32 canais. Utilizam-se 16 canais (o capacete utiliza 2 elétrodos com diferentes montagens, colocados segundo o sistema 10-20, bipolares e monopolares).
- Estímulo sonoro: Faixa áudio gravada pela autora do Estudo e pelo coorientador (vozes feminina e masculina), que inclui histórias e cantigas infantis, palavras das listas de audiometria vocal infantil e ruído branco.
- Folha de trabalho: Recolha de dados.

## Análise dos Resultados

A utilização do, EEG como método não invasivo, é relativamente fácil e económico e permite, através de eletrodos colocados no escalpe, o registo da variação da atividade elétrica do cérebro originada pela condução do impulso nervoso. Sendo este um meio auxiliar de diagnóstico neurológico é um método de investigação em neurofisiologia que permite determinar que áreas cerebrais surgem associadas a que tipo de estímulos ou respostas. Cria-nos a expectativa da possibilidade de observarmos diferenças no mapeamento cerebral quando as crianças com deficiência auditiva, são submetidos a um estímulo sonoro com e sem prótese auditiva.

Segundo Jasper (1958), citado por Schaaff (2008), apesar de não existirem limitações na posição onde os elétrodos são colocados, na maioria das vezes é usado o Sistema Internacional 10-20. De acordo com este sistema, as posições de colocação dos elétrodos são descritas dependendo das proporções geométricas do crânio, que é dividido em seções de 10 e 20 por cento. O nome da posição dos elétrodos refere-se à região do córtex em cima da qual estão colocados. Assim a letra P refere-se a parietal, a letra F a frontal, a letra T a temporal, a letra C a central, a letra O a occipital e a letra A a auricular. Como anteriormente referido irá ser este o sistema adotado no estudo.



**Fig 1: Posição dos eletrodos no Sistema 10-20**

A análise do registo encefalográfico irá ser apresentada do ponto de vista clínico efetuada pelo médico neurologista quanto à ocorrência de alteração no traçado. Para a avaliação das diferenças do registo com e sem a prótese auditiva será feita a decomposição do sinal matematicamente, levando em conta as diversas demarcações do estímulo sonoro (historias, cantigas, listas de palavras, ruído branco). Não haverá necessidade de desenvolvimento de software para esta finalidade, uma vez que existem programas específicos para o efeito. Pretende-se ainda que a identificação e interpretação das variações, seja simples para que esta metodologia possa ser facilmente aplicada à clínica. Do ponto de vista matemático a análise do sinal obtido no registo eletroencefalográfico vai utilizar o software MATLAB.

## Discussão e Impacto deste Estudo

Neste capítulo pretende observar-se a consonância ou a dissonância com estudos de outros autores e apreciar a que se poderão dever tais similaridades e diferenças.

Quanto à evolução das próteses auditivas, eletroacústicas convencionais, ou dos implantes cocleares (ouvido biónico) nos próximos anos não se sabe, mas as expectativas são promissoras, tendo em conta que a tecnologia atual sofreu enormes avanços em termos de morfologia, audição e conforto, com a pretensão de imitar o ouvido humano. Apesar de o conhecimento sobre a capacidade e ação real de estimulação do cérebro quando se utilizam próteses auditivas ser ainda pouco consistente, a evidência clínica mostra uma melhoria real na capacidade auditiva (ouvir, memorizar sons, interagir com o meio através do som, distinguir diferentes tipos de sons, entre outros) quando as crianças colocam prótese(s) auditiva(s), sendo essa melhoria tanto mais eficaz quanto mais precocemente foi iniciada a reabilitação auditiva (adaptação protética antes dos 6 meses e implantação antes dos 2 anos), reconhecendo-se que a intervenção precoce influencia o prognóstico do desenvolvimento de fatores essenciais à qualidade de vida, como o Desenvolvimento Linguístico, Cognitivo e Social.

Independentemente da vontade, todos têm acesso quase diariamente às próteses auditivas pela publicidade na imprensa falada, escrita, quer na televisão, quer nos periódicos, nas revistas, na caixa do correio, etc., mas não se vê a avaliação na área da tecnologia dessas mesmas próteses. É um facto se o adulto não ouve ou sente desconforto com a(s) prótese(s), retira e reclama. Também a criança quando incomodada retira ou mostra-se irritada, mas se não sente incómodo e não reage negativamente não se sabe se estará a ouvir o que poderia, e deveria, de forma a lhe proporcionar o máximo benefício, em escuta e conforto.

Dependendo dos resultados encontrados poder-se-á dar resposta ao objetivo principal do estudo que é avaliar o mapeamento cerebral observado no eletroencefalograma das crianças da amostra, com deficiência auditiva quando submetidas a um estímulo sonoro, e se este é diferente com e sem a prótese.

Assim este estudo pretende ainda perceber se a análise dos sinais do EEG pelas características da própria tecnologia poderá vir a ser adotada como instrumento de avaliação do Ganho Funcional das próteses auditivas, analisando então a tecnologia e a terapêutica, em crianças e outros indivíduos com necessidades específicas, entre elas as perturbações do desenvolvimento cognitivo, em indivíduos pós AVC, e naqueles com dificuldades em verbalizar as suas queixas.

## Nota Final

Este trabalho foi apresentado como Plano de Tese, na Escola de Inverno. Consideramos de grande importância a sua apresentação a uma assistência heterogénea, que com todos os seus saberes através do debate contribuiu para a reflexão e para o desenvolvimento do estudo que será apresentado na II Conferência



Doutoral em Avaliação de Tecnologia que irá decorrer em Julho de 2012 e onde pensamos apresentar já alguns resultados da análise do sinal do registo eletroencefalográfico, que começaremos a recolher em Março de 2012.

## Bibliografia

- American Academy of Pediatrics – AAP, Task Force on Newborn and Infant Hearing, *Pediatrics*, 1999, Vol. 103 pp. 527-30.
- American National Standards Institute. (1969). *Specifications for audiometers, ANSI-S3.6-1969*. American National Standards Institute, Inc., New York.
- Barbosa de Carvalho, J. F. (2007). *Estudo de um Instrumento de Engenharia Biomédica. Audiometria de Tronco Encefálico (ABR)*. Dissertação de Mestrado, do Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- *Boletim Informativo do Hospital de Nossa Senhora do Rosário, EPE – Barreiro*, Agosto 2009, pg 12.
- Chatterjee. S., Kraus. P., Lufkin. T. (2010). A Symphony of Inner Ear Developmental Control Genes. *BMC Genetics* 2010, 11: 68. Singapore.
- de Almeida, S. (2007). Os Genes da Surdez. Serviço de Genética do H. D. Estefânia. (comunicação pessoal). Workshop de Audiologia. H. D. Estefânia.
- *Diagnóstico Molecular de Surdez Congénita (Sindrómica e Não Sindrómica) por Array CGC – Folheto informativo de diagnóstico genético da surdez – [www.cgngenetics.com](http://www.cgngenetics.com)*
- Fandori, F., Lutman, M. (1999). The European Consensus Development Conference on Neonatal Hearing Screening. *American Journal of Audiology*. 1999; 8: 19-20. (Apresentado no The European Consensus Development Conference on Neonatal Hearing Screening; 1998, Milan IT).
- Gomes, A. P. (2008). *Estudo da Microestrutura do Sono em Surdos. Estudo descritivo da microestrutura do sono em surdos vs casos controle de indivíduos sem défice auditivo*. Dissertação original. Curso de Mestrado em Medicina do Sono. (1ª ed.). Faculdade de Medicina de Lisboa. Universidade de Lisboa.
- Guix, E. B. (2007). *Molecular basis of deafness linked to mitochondrial DNA mutations*. Doctoral Thesis. Universitat Pompeu Fabra. Barcelona.
- Hilgert. N., Smith. R.J. H., Camp.G.V. (2009). *Forty-six Genes Causing Nonsyndromic Hearing Impairment: which ones should be analyzed in DNA diagnostics?* *Mutat Res.*; 681 (2-3):189-196.
- Hilgert. N., Smith. R.J. H., Camp.G.V. (2009). Function and Expression Pattern of Nonsyndromic Deafness Genes. *Current Molecular Medicine*. Vol. 9, Number 5, June 2009, pp. 546-564(19).
- International Organization for Standardization (1996). *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment*. ISO 389-7. Geneva: ISO.
- Joint Committee on Infant Hearing (1995). *Joint Committee on Infant Hearing 1994*. Position Statement. *Pediatrics*, 95, 315.

- Joint Committee on Infant Hearing. Year 2000. Position Statement. Principles and Guidelines for early detection and intervention programs. *American Journal of Audiology*, 2000; 9(1): 9-29.
- Lee, P. C., Su, H. N. (2011). Quantitative mapping of scientific research - The case of electrical conducting polymer nanocomposite. *Technological Forecasting & Social Change* 78: 132-151.
- McCandless, G.A. (1994). Overview and Rationale of threshold-based hearing aid selection procedures in Valente, M. (1994). *Strategies for selecting and verifying hearing aid fitting*. New York.
- Monteiro, L. Página do Grupo de Rastreio e Intervenção na Surdez Infantil. Rev. Port. de ORL e Cirurgia Cérvico-Facial Vol. 48. nº 4. Dezembro 2010 pg. 230.
- Rosa, I.M.R. (2002). *Comportamento do Limiar Diferencial de Intensidade da Dinâmica Auditiva na Surdez Neurossensorial* – Dissertação de Mestrado. Universidade Nova – Faculdade de Ciências Médicas.
- Ruah, S. A. B., Ruah, C.B. *Manual de Otorrinolaringologia*, Vol. II. Ed. Roche Farmacêutica Química, Lda.
- Schaaff, K. (2008). *EEG-based Emotion Recognition*, Institut für Algorithmen und Kognitive Systeme, Cognitive Systems Laboratory. Universität Karlsruhe.
- Schmidt, P. M. S., Tochetto, T. M. (2009). Investigação genética da surdez hereditária: mutação do gene da Conexina 26. *Soc Bras Fonoaudiol.* 14(1): 142-7.
- Sociedade Portuguesa de Pediatria – Consensos e Recomendações. Recomendações para o Rastreio Auditivo Neonatal Universal (RANU), Grupo de Rastreio e Intervenção da Surdez Infantil – GRISI. *Acta Pediátrica Portuguesa*, Setembro/Outubro 2007. Vol. 38, nº5, p. 209.
- Su, H. N., Lee, P. C. (2010). Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: a first look at journal papers in Technology Foresight. *Scientometrics* 85:65-79. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary.
- Trinidad, G., Alzina, V., Jáudenes, C., Nunez, F. y Sequí, JM. (2009): “Recomendaciones de la Comisión para la Detección Precoz de Hipoacusias (CODEPEH) para 2010. *FIAPAS* nº 131 noviembre-diciembre, 2009 (Separata). Madrid.
- Tye-Murrey, N. (1998). *Foundations of aural rehabilitation – children, adults, and their family members*. San Diego.
- Wu, F. S., Hsu, C. C., Lee, P. C., Su, H. N. (2011). A systematic approach for integrated trend analysis - The case of etching. *Technological Forecasting & Social Change* 78: 386-407.

## **Webgrafia Consultada**

- <http://emedicine.medscape.com/article/855875> Acedido em Março de 2011  
Genetic Sensorineural Hearing Loss.